

500.42757X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): TAKAGI, et al.

Serial No.: Not assigned

Filed: July 21, 2003

Title: CT APPARATUS, CT IMAGING METHOD AND METHOD OF PROVIDING SERVICE USING THE SAME

Group: Not assigned

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

July 21, 2003

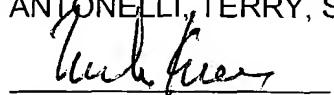
Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby claim(s) the right of priority based on Japanese Application No.(s) 2002-211905 filed July 22, 2002.

A certified copy of said Japanese Application is attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP


Melvin Kraus
Registration No. 22,466

MK/amr
Attachment
(703) 312-6600

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 7月22日

出願番号

Application Number:

特願2002-211905

[ST.10/C]:

[JP2002-211905]

出願人

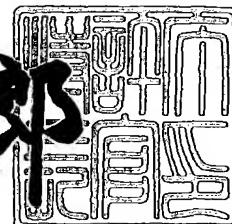
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 4月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3024360

【書類名】 特許願

【整理番号】 1102003751

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 A61B 6/00

【発明の名称】 CT装置、CT撮像方法、及びCT撮像サービス方法

【請求項の数】 11

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

【氏名】 高木 太郎

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

【氏名】 上村 博

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号
株式会社 日立製作所 電力・電機開発研究所内

【氏名】 内川 貞夫

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 CT装置、CT撮像方法、及びCT撮像サービス方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

基準となる表面にマーカが付加された撮像対象物をX線又は放射線を用いたCT装置で撮像して得た断層像から、前記マーカと前記撮像対象物との接触面の形状を表す情報を求め、

前記接触面の形状を表す情報に基づいて前記撮像対象物の基準座標系と前記CT装置の座標系との相対的位置関係を求め、

前記撮像対象物を前記CT装置で撮像し、前記相対的位置関係に基づいて前記撮像対象物の所望部位のビットマップデータを得ることを特徴とするCT撮像方法。

【請求項2】

撮像対象物の基準となる表面にマーカを付加するマーカ付加過程と、

前記マーカが付加された前記撮像対象物をX線又は放射線を用いたCT装置で撮像し、その断層像を得る予備撮像過程と、

前記断層像を画像処理して前記マーカと前記撮像対象物との接触面の幾何学的特徴を求めるマーカ認識過程と、

前記接触面の幾何学的特徴に基づいて、前記撮像対象物の基準座標系と前記CT装置の座標系との相対的位置関係を求める座標系把握過程と、

前記撮像対象物を前記CT装置で撮像し、前記相対的位置関係に基づいて前記撮像対象物の所望部位の断層像を得る本撮像過程と、
を備えることを特徴とするCT撮像方法。

【請求項3】

請求項2において、前記予備撮像過程で前記撮像対象物を撮像する断層間隔は、前記本撮像過程で前記撮像対象物を撮像する断層間隔よりも大きいことを特徴とするCT撮像方法。

【請求項4】

請求項1又は2において、前記マーカはX線又は放射線の透過率が前記撮像対

象物と異なることを特徴とするCT撮像方法。

【請求項5】

請求項1又は2において、前記マーカが、前記撮像対象物の平面、円柱面、回転面、2次曲面、押し出し面の少なくとも何れかに付加されることを特徴とするCT撮像方法。

【請求項6】

請求項1又は2において、前記マーカが前記撮像対象物の表面にパッドを介して付加され、前記パッドの密度が前記撮像対象物の密度の20%以下であることを特徴とするCT撮像方法。

【請求項7】

X線又は放射線を撮像対象物に照射する照射源と、撮像対象物を回転移動及び平行移動するためのターンテーブルと、前記ターンテーブル上に固定された撮像対象物を透過したX線又は放射線を検出する検出器と、前記検出器からの検出信号を信号処理して撮像対象物の断層像を求める信号処理装置とを備えるCT装置において、

前記信号処理装置は、基準面にマーカが付加された撮像対象物を透過したX線又は放射線の検出信号から求めた断層像を画像処理して、前記マーカと前記撮像対象物との接触面の幾何学的特徴を求めるマーカ認識手段と、

前記接触面の幾何学的特徴に基づいて、前記撮像対象物の基準座標系と前記ターンテーブルの座標系との相対的位置関係を求める座標系把握手段と、を備えることを特徴とするCT装置。

【請求項8】

請求項7において、前記信号処理装置は、前記座標系把握手段が求めた相対的位置関係に基づいて前記撮像対象物の所望部位の断層像を求める特徴とするCT装置。

【請求項9】

請求項7又は8において、更に、前記撮像対象物に対するマーカ配置パターンを指定する手段を備えることを特徴とするCT装置。

【請求項10】

基準となる表面にマーカが付加された撮像対象物及び顧客が撮像したい所望部位に関する情報を顧客から入手する受け入れ過程と、

前記撮像対象物をX線又は放射線を用いたCT装置で撮像してその断層像を求め、前記断層像を画像処理して前記マーカと前記撮像対象物との接触面の幾何学的特徴を求め、前記接触面の幾何学的特徴に基づいて前記撮像対象物の基準座標系と前記CT装置の座標系との相対的位置関係を求め、前記撮像対象物を前記CT装置で撮像し、前記相対的位置関係に基づいて前記所望部位の断層像を得る撮像過程と、

前記撮像対象物及び前記所望部位の断層像を前記顧客に提供する納入過程と、を備えることを特徴とするCT撮像サービス方法。

【請求項11】

請求項10において、前記受け入れ過程では、コンテナ内に格納された前記撮像対象物と、前記撮像対象物表面のマーカ配置パターンに関する情報を顧客から入手し、

前記撮像過程では、前記撮像対象物が前記コンテナ内に格納された状態でその断層像を得ることを特徴とするCT撮像サービス方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、産業用のCT(Computed Tomography)装置、CT撮像方法、及びこれを用いたCT撮像サービス方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

産業用のX線CT装置では、水平面内で回転するターンテーブルに撮像対象物を載せ、水平な切断面の断層像を撮像する方法が一般的である。撮像対象物をX線CT装置のターンテーブルに据え付ける場合、利用者が、撮像対象物の基準面(水平面、鉛直面等)を選び、直角定規や水準器を用いて撮像対象物の座標系とターンテーブルの座標系を合わせていた。撮像対象物を傾斜させる場合、利用者が、撮像対象物の下にくさび形の治具を挟むことにより調整していた。

【0003】

撮像対象物の位置や方向を変えてセットするためのセッティング装置を備えた産業用X線CT装置が、特開2000-298106号公報に記載されている。

【0004】

医療用X線CT装置において、人体の上面及び両側面に体表面マークを付けた状態で人体を撮像し、病変部の体表面マークに対する相対的な位置から病変部の位置を測定する方法が、特開2000-107161号公報に記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

特開2000-298106号公報では、利用者にとって、撮像対象物の設置作業は容易になるが、撮像対象物の基準面を割り出す作業が容易でない。

【0006】

特開2000-107161号公報の方法は、医療用装置では、体表面マークが付加される人体の位置（基準位置）が固定であるため適用できる。しかし、産業用装置では、撮像対象物によって基準位置（基準面）が変わるために、この方法は適用できない。

【0007】

本発明の目的は、異なる基準面を有する撮像対象物をターンテーブルにセットして撮像対象物を撮像する場合でも、利用者が撮像対象物の基準面を割り出す作業を省いて、撮像対象物の設置作業を容易にできるCT装置、CT撮像方法及びこれを用いたCT撮像サービス方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、基準面にマーカが付加された撮像対象物をCT装置で撮像して得た断層像から、マーカと撮像対象物との接触面の幾何学的特徴（形状を表す情報）を求め、この特徴から撮像対象物の基準座標系とCT装置の座標系との相対的位置関係を求め、この相対的位置関係に基づいて撮像対象物の所望部位の断層像（ビットマップデータ）を得る。

【0009】

【発明の実施の形態】

(第1実施例)

本発明の第1実施例を、図面を用いて説明する。図1は、第1実施例のCT撮像方法を示す図である。本CT撮像方法は、マーカ付加過程P1、予備撮像過程P2、マーカ認識過程P3、座標系把握過程P4、本撮像過程P5を備える。

【0010】

マーカ付加過程P1では、撮像対象物Tの基準面にマーカを貼り付ける。例えば、撮像対象物が水平又は鉛直の基準となる平面を有する場合には、その平面にマーカを貼り付ける。撮像対象物が水平又は鉛直の基準となる円柱面を有する場合には、その円柱面にマーカを貼り付ける。マーカは、X線の透過率（又は減衰率）が撮像対象物と異なる材質のものを用いる。例えば、撮像対象物と密度が異なるものは、X線の透過率も撮像対象物と異なる。マーカの大きさ（長さ、幅）は、20mm～50mmが望ましい。マーカとしては、可塑性の素材の方が貼り付けるために適している。マーカの貼り付け方法は、図2を用いて後述する。

【0011】

予備撮像過程P2では、撮像対象物TをX線CT装置のターンテーブルに載せ、目標断層間隔の5倍～20倍の間隔で、撮像対象物の全体を撮像する。例えば、目標断層間隔（最終的に撮像したい断層間隔）が0.4mmの場合には、2mm～8mmの粗い間隔で撮像対象物を撮像する。

【0012】

X線CT装置で撮像対象物を撮像すると、個々の断面に対して断層像（2次元ビットマップデータ）が得られる。得られた多数の断層像を積層することにより、断層像セット（3次元ビットマップデータ）が得られる。予備撮像過程P2では、解像度の粗い（低い）断層像セットである粗断層像セットD1が得られる。

【0013】

予備撮像過程P2では、撮像対象物の位置がターンテーブルの回転によりずれることがないように撮像対象物を固定すれば良く、撮像対象物の設置角度を調整する必要はない。P2で用いるX線CT装置の構成は、図3を用いて後述する。

【0014】

マーカ認識過程P3では、予備撮像過程P2で得られる粗断層像セットD1に対して3次元の画像処理を施し、マーカを認識する。例えば、撮像対象物がエンジンブロックなどのアルミニウム製である場合、その密度は約 2.7 g/cm^3 である。これに対して、マーカとして粘土を用いた場合、その密度は約 1.5 g/cm^3 である。この場合、マーカのX線透過率は撮像対象物のX線透過率よりも大きく、マーカのX線減衰率は撮像対象物のX線減衰率よりも小さい。

【0015】

X線CT装置を用いることにより、撮像対象物の内部の密度分布を把握できるので、粘土（マーカ）の部分だけをアルミニウムの部分や空気の部分と区別して抽出することも可能となる。このように、マーカと撮像対象物の密度差、X線透過率の差、X線減衰率の差を利用して、マーカを識別する。

【0016】

粘土製のマーカは、撮像対象物の表面に押し付けられた時に塑性変形する。撮像対象物の表面が平面である場合、撮像対象物とマーカの接触面も平面となる。この接触面に対して平面抽出処理（所定の面積以上の平面を自動的に認識して抽出する処理）を行うことにより、ターンテーブルを基準とする接触面の幾何学的定義（幾何学的特徴）を算出できる。算出された全ての接触面の幾何学的定義は、マーカ表面特徴領域リストD3に記録される。平面抽出処理としては、後述する表面領域拡張法などの平面同定方法を用いることができる。マーカ認識過程P3の詳細は、図5を用いて後述する。

【0017】

座標系把握過程P4では、マーカ表面特徴領域リストD3に記録されている、マーカと撮像対象物の接触面の幾何学的定義から、ターンテーブルを基準とする撮像対象物の座標系D4を算出する。複数のマーカが全て平面に付加されている場合には、それぞれの接触面をターンテーブルを基準とする水平基準面（XY面）及び垂直基準面（YZ面及びZX面）と比較し、総合的な角度差が最小となるようにアフィン変換行列を定める。

【0018】

例えば、それぞれのマーカと基準面がなす角度の2乗和が最小となるようにア

フィン変換行列を定める。アフィン変換行列とは、基底ベクトルの1次結合に基づく2つの座標系の相対的な関係を表す行列のことである。ここでは、デカルト座標系の回転移動及び平行移動に対応する行列を使用する。この過程の詳細は、図8を用いて後述する。

【0019】

本撮像過程P5では、目標断層間隔で撮像対象物Tの撮像を行い、最終的な成果物である高分解能の断層像D5及び／又は断層像セットD6を得る。断層像D5及び断層像セットD6は、ビットマップデータである。利用者(オペレータ)は、撮像したい部位(所望部位)の座標値を、予めX線CT装置に入力する。座標系把握過程P4でターンテーブルを基準とする撮像対象物の座標系D4が既に算出されているので、X線CT装置は、撮像を行う前に、この座標系D4を用いて入力された所望部位の座標値を自動的に補正する。この補正は、利用者により予め指定された撮像位置及び撮像範囲を定めるための補正である。

【0020】

X線CT装置は、撮像枚数の補正も行う。この補正は、例えば、利用者が指定した撮像断面に対して前記アフィン変換を行い、撮像断面が水平面に対して斜めになった場合に行う。垂直方向における撮像断面の最も低い点から最も高い点までの領域長さを、X線CT装置に固有の垂直方向の分解能で除算することにより、撮像枚数を求める。このようにして、撮像対象物の基準座標系とX線CT装置の座標系との相対的位置関係に基づいて、撮像対象物の所望部位のビットマップデータを得る。

【0021】

本CT撮像方法は、以上のような工程を備えることにより、異なる(任意の)基準面を有する撮像対象物に対して、撮像対象物の座標系D4を割り出す作業が著しく自動化される。即ち、利用者が撮像対象物の基準面を割り出す作業を省いて、撮像対象物の設置作業やX線CT装置の操作を容易にできる。

【0022】

次に、撮像対象物に対するマーカの貼り付け方法の例を図2に模式的に示す。マーカの貼り付け方法には、いくつかの異なる配置パターンがある。これらは、

座標系把握過程 P 4 でアフィン変換行列を特定できるような配置となっている。

【0023】

図2 (a) は、撮像対象物 T が有する直交する 3 平面にマーカ M をそれぞれ貼り付けた例である。この場合、3 平面の交点 S が座標系の基準点となり、2 平面の交線 L 1 ~ L 3 が基準軸となる。この例では、3 つのマーカ M の大きさが全て異なるようにしている。これにより、マーカ認識過程 P 3 で、個々のマーカ M を自動的に区別することができる。このマーカの区別のためには、マーカ M の材質を変えてもよい。

【0024】

図2 (b) は、撮像対象物 T が有する直交する平面 F 1 と円柱面 F 2 とにマーカ M をそれぞれ貼り付けた例である。この場合、円柱面 F 2 の中心軸が座標系の基準軸となり、基準軸と平面 F 1 の交点が座標系の基準点となる。後述する表面領域拡張法では、平面、円柱面、球面、回転面、2 次曲面、押し出し面などを認識して抽出できるので、これらの面を用いて座標系を定義することができる。回転面とは、1 本の直線（中心軸）の周りに線（直線、曲線、及びこれらの組み合わせ）を回転させて得られる軌跡である。2 次曲面とは、座標変数 (X, Y, Z) の2 次方程式によって記述される面である。押し出し面とは、線を平行移動させた時の軌跡面である。

【0025】

図2 (c) は、撮像対象物 T が有する直交する 2 平面と 1 つの頂点とにマーカ M をそれぞれ貼り付けた例である。この場合、マーカ M が貼り付けられた頂点が座標系の基準点となり、2 平面の交線 L 1 が基準軸となる。マーカ M が撮像対象物 T の頂点や稜線に貼り付けられた場合、マーカ M と撮像対象物 T の接触面は 1 つの平面にならず、3 つ又は 2 つに分割された接触面となる。マーカ認識過程 P 3 で、これらの接触面を全て認識して抽出し、それらの交点及び交線を求ることにより、頂点や稜線の幾何学的定義を求めることができる。

【0026】

次に、予備撮像過程 P 2 で使用される X 線 CT 装置の構成を図 3 に示す。本 X 線 CT 装置は、X 線源（照射源） A 1, 走査機構 A 2, ターンテーブル A 3, X

線検出器A4, 制御及び信号処理装置A5, マーカ配置パターン提示手段A6, マーカ配置パターン選択手段A8などを備える。

【0027】

X線源A1から放出されたX線は、ターンテーブルA3の上に固定された撮像対象物（図示せず）を透過し、X線検出器A4で検出信号X1に変換される。X線検出器A4からの検出信号X1は、制御及び信号処理装置A5に送られ、ここで「再構成処理」と呼ばれる信号処理によって断層像セット（3次元ビットマップデータ）に変換される。

【0028】

ターンテーブルA3は、制御及び信号処理装置A5から送られる制御信号X2に従って、走査機構A2により回転移動及び平行移動される。回転移動は例えば図3のθ方向への移動である。平行移動は、例えば図3のX方向（左右方向又は前後方向）への移動、Z方向（上下方向）への移動を含む。ターンテーブルA3の上に撮像対象物を固定して、ターンテーブルA3を回転移動及び平行移動することにより、撮像対象物に対して様々な方向からX線を照射し、再構成処理に必要なデータ（情報）を集めることができる。

【0029】

従来のX線CT装置と異なり、本実施例のX線CT装置は、マーカ配置パターン提示手段A6及びマーカ配置パターン選択手段A8を備えている。マーカ配置パターン提示手段A6は、マーカ配置パターン記憶手段A7を備える。マーカ配置パターン記憶手段A7は、図2に示したような複数のマーカ配置パターンを予め記憶している。マーカ配置パターン提示手段A6は、CRTディスプレイなどの表示手段（図示せず）を備え、この表示手段にマーカ配置パターンを一覧表示する。表示手段は、X線CT装置を制御するために使われる表示手段と兼用されても良い。

【0030】

マーカ配置パターン提示手段A6が表示手段に表示する画面の一例を、図4に示す。この画面には、アイコンV1a～V1c, スクロールバーV2, 選択ボタンV3, カーソル（矢印カーソル）V4などが表示されている。図4の場合、ア

イコンV1a～V1cは、図2の(a)～(c)のマーカ配置パターンに対応している。

【0031】

マーカ配置パターン選択手段A8は、マウスやキーボードなどの一般的な入力手段で構成されている。利用者は、例えばマウスを用いて画面に表示されたカーソルV4を動かしてスクロールバーV2をドラッグすることにより、所望のマーカ配置パターンを画面に表示させる。次に、利用者は、カーソルV4を用いて、所望のマーカ配置パターンに対応するアイコンを選択し、選択ボタンV3をクリックすることにより、利用したいマーカ配置パターンを指定できる。また、利用者は、キーボードにより所望のマーカ配置パターンに対応する番号を入力しても、利用したいマーカ配置パターンを指定できる。

【0032】

本実施例は、マーカ配置パターン提示手段A6を備えることにより、マーカの適切な貼り付け方法を利用者に提示できる。また、マーカ配置パターン選択手段A8を備えることにより、利用者は、マーカの適切な貼り付け方法を容易に選ぶことができる。

【0033】

尚、本実施例では、マーカ配置パターン提示手段A6及びマーカ配置パターン選択手段A8の両方を備える装置構成例を説明したが、マーカ配置パターンを指定する手段を備えていれば、何れか一方でも良い。

【0034】

次に、マーカ認識過程P3の詳細を、図5を用いて説明する。マーカ認識過程P3は、密度閾値設定過程P31、マーカ抽出過程P32、マーカ表面ボクセル選択過程P33、表面領域拡張過程P34を含む。

【0035】

密度閾値設定過程P31は、マーカ密度の値の上下に適切な閾値を設定する過程である。例えば、アルミニウム製の撮像対象物にプラスチック粘土製のマーカを貼り付ける場合には、粘土の密度が約1.5g/cm³であることを考慮し、下限となる閾値を1.0g/cm³、上限となる閾値を2.0g/cm³に設定する。

【0036】

マーカ抽出過程 P 3 2 は、粗断層像セット D 1 を構成する全てのボクセルに対して、ボクセルが記述している材質の密度と、密度閾値設定過程 P 3 1 で設定された閾値とを比較し、マーカに相当するボクセルだけを抽出する過程である。ボクセルは、3次元ビットマップデータを構成する単位である。

【0037】

上記例の場合、ボクセルに記述されている密度が上限閾値 2.0 g/cm^3 よりも大きい場合、これを 0 g/cm^3 に置き換える。これにより、アルミニウムの部分（ボクセル）を粗断層像セット D 1 から消去し、マーカの部分（ボクセル）のみを残すことができる。この過程で、マーカ断層像セット D 2 が得られる。

【0038】

マーカ表面ボクセル選択過程 P 3 3 は、マーカの表面にある複数のボクセルの中から幾つかを取り出す過程である。まず、マーカ断層像セット D 2 を構成するボクセルをランダムに抽出し、抽出したボクセルがマーカの表面にあるか、ないかを調べる。抽出したボクセルがマーカの表面にある場合、そのボクセルをボクセルリスト D 7 に追加する。ここでは、数十個～数千個のボクセルを取り出す。

【0039】

表面領域拡張過程 P 3 4 は、マーカ表面の一部分が幾何学的特徴を持っていると仮定し、その部分に含まれている一つのボクセルを始点として表面の領域を拡張し、その幾何学的特徴を満たす領域を抽出すると共に、その幾何学的特徴を求める過程である。この処理は表面領域拡張法を用いて行う。表面領域拡張法では、平面の一部、円柱面の一部、球面の一部、回転面の一部、2次曲面の一部、押し出し面の一部などの幾何学的特徴（幾何学的定義）を持つ領域を抽出できる。

【0040】

マーカ表面ボクセル選択過程 P 3 3 で、マーカの表面にあるボクセルが既に取り出されているので、これを始点とすればよい。表面領域拡張法では、対象としているボクセルの属する領域が、上記した複数の幾何学的特徴のうちどれを持つか、又はどの特徴も持たないか、を予め特定する必要がある。

【0041】

このため、表面領域拡張過程 P 3 4 では、まず、ある領域が平面の一部であると仮定し、その仮定が正しいか、正しくないかを調べる。例えば、表面領域拡張法により平面を定義するパラメータの抽出を試みて、このパラメータの抽出が成功するか、失敗するかで調べることができる。その領域が平面の一部でないことが判った場合、次に、領域が円柱面の一部であると仮定し、同様に仮定が正しいか、正しくないかを調べる。このように仮定を設け、その仮定が正しいか、正しくないかを調べる処理を逐次的に繰り返すことにより、対象としているボクセルの属する領域がどのような幾何学的特徴を持つかを調べる。

【0042】

ここで、表面領域拡張法による幾何学的特徴の抽出方法の一例を、図 6 を用いて説明する。本例は、ある領域を「法線が未知の平面」と仮定した例である。初めに、粗断層像セット（3次元ビットマップデータ）D 1 を点群データ D 1 a に変換する。マーカの表面を挟んで隣接する二つのセルの中心点を求める方法により、この変換を行った例を図 6 に示す。図 6 は粗断層像セット D 1 の部分拡大図で、マーカの外部であるセル（ボクセル）が白抜きで、マーカの内部であるセルがハッチングで、それぞれ表示されている。セルの境界にある○及び●が、点群データ D 1 a に対応する。

【0043】

この例では、「法線が未知の平面」に属する点群データ D 1 a のグループを求め、このグループに含まれる点の集合を最もよく近似する面（代表面）を求める。初めに、グループ追加過程では、ある 1 つのセルに着目して以下の処理を開始する。図 6 (a) の場合、セル b 1 が着目したセルである。セル b 1 の境界にある○を始点 S 1 とし、S 1 に隣接する 2 点をグループに追加してグループを拡張する。こうして、3 点までグループを拡張した状態を図 6 (a) に示す。図 6 では、グループに属する点を○で、グループに属さない点を●で示している。

【0044】

次に、グループ境界決定過程で、グループに属する点の集合を最もよく近似する代表面を、最小自乗法を用いて求める。また、代表面を表と裏（図 6 (b) の上と下）にオフセットさせて、グループの境界を求める。オフセット量は、セル

の幅の0.5倍～0.75倍とする。図6 (b) に、グループの代表面と境界を求めた状態を示す。代表面を太い線Nで、境界を細い線N1で示している。

【0045】

次に、グループ拡張過程で、グループの境界N1に基づいて、グループに新しい点を追加する。具体的には、グループに属さない点の中からグループに隣接する点を選び、その座標をグループの境界N1と照合する。境界N1の内側に位置する点があれば、その点をグループに追加する。図6 (c) に、境界N1に基づいて新しい点をグループに追加して、グループを拡張した状態を示す。

【0046】

グループ拡張過程でグループに新しい点を追加した場合、グループ境界決定過程に戻って、点の追加によって変化したグループの代表面と境界を求め直す。図6 (d) に、グループの代表面Nと境界N1を求め直した状態を示す。グループ境界決定過程とグループ拡張過程は、グループに新しい点が追加されなくなるまで繰り返される。

【0047】

グループに属する点が変化しなくなった場合、その時点で得られている代表面の基準点と法線が、このグループの幾何学的特徴となる。代表面の基準点は、例えばグループに属する点の集合のうち中央に位置する点とする。この基準点と法線が、平面を定義するパラメータである。

【0048】

グループ境界決定過程で代表面を求める際に、最小自乗法による残差が充分小さい値に収束しなかった場合、該当する領域が平面の一部であるという仮定が正しくないことになる。これは、パラメータ抽出の失敗に相当する。

【0049】

マーカ表面の他の点群データD1aに対しても、同様にグループとその代表面を求ることにより、マーカと撮像対象物との接触面を把握することができる。

【0050】

以上は、表面領域拡張法により「法線が未知の平面」に対する幾何学的特徴を求めた例である。表面領域拡張法では、上記した方法と同様にして、該当する領

域の種類に応じて幾何学的特徴を求めることができる。

【0051】

例えば、「半径が未知の円柱面」に対する幾何学的特徴として、基準点、中心軸及び半径が求められる。「半径が未知の球面」に対する幾何学的特徴として、中心点及び半径が求められる。「2次曲面」に対する幾何学的特徴として、X, Y, Zを元とする2次方程式の係数が求められる。「回転面」に対する幾何学的特徴として、回転軸の基準点、基準ベクトル及び回転される線が求められる。

「押し出し面」に対する幾何学的特徴として、平行移動のベクトル及び移動される線が求められる。これらの幾何学的特徴は、マーカと撮像対象物との接触面の形状を表す情報でもある。

【0052】

表面領域拡張過程P3.4により、マーカの表面にある幾何学的特徴を持つ領域のリストである、マーカ表面特徴領域リストD3が得られる。マーカ表面特徴領域リストD3には、所定の大きさ以上の面積を有し且つある幾何学的特徴を有するマーカ表面の領域が記録されている。但し、マーカ表面の領域のうち撮像対象物と接していない領域は、一般に自由曲面となり、平面、円柱面、球面、回転面、押し出し面の何れにも該当しないので、マーカ表面特徴領域リストD3には記録されない。

【0053】

マーカ表面特徴領域リストD3の典型的な例を、図7に示す。マーカ表面特徴領域リストD3は、幾何学的特徴を持つ個々の領域を記述するマーカ表面特徴領域レコードD3.1の集合である。各マーカ表面特徴領域レコードD3.1は、所属マーカエントリD3.2、幾何学的定義エントリD3.3、面積エントリD3.4、重心エントリD3.5を持つ。これらのエントリは、領域の属するマーカ、領域の幾何学的定義、領域の面積、領域の重心を、それぞれ記述している。エントリの内容は、表面領域拡張過程P3.4で計算され、対応するエントリに記録される。

【0054】

次に、座標系把握過程P4の詳細を、図8を用いて説明する。3次元デカルト座標系は、基準点と3本の直交する基準軸を決めるこことによって定義でき、この

ためには6つのパラメータを決める必要がある。この6つのパラメータを(x, y, z, ϕ , θ , ψ)で表す。このうち(x, y, z)は基準点の位置を決定するパラメータ、(ϕ , θ , ψ)は3本の基準軸の方向を規定するアフィン変換行列を決定するパラメータである。(ϕ , θ , ψ)は一般に「オイラー角」として知られている。

【0055】

座標系把握過程P4では、マーカ配置パターン選択手段A8によって利用者が選択したマーカ配置パターンに基づいて、マーカ表面特徴領域リストD3から6つのパラメータを求める。例えば、図2(a)に示したマーカ配置パターンの場合、マーカ表面特徴領域リストD3に記録されている3平面の交点を基準点とし、その座標をもとにパラメータ(x, y, z)を求める。また、パラメータ(ϕ , θ , ψ)は、谷下り法、山登り法などと呼ばれる多次元の収束計算手法を利用して、例えば数1に示す評価関数の値を最小にするように決めればよい。

【0056】

【数1】

$$f(\phi, \theta, \psi) = \min \left\{ \begin{array}{l} (\angle AX')^2 + (\angle BY')^2 + (\angle CZ')^2, \\ (\angle AX')^2 + (\angle BZ')^2 + (\angle CY')^2, \\ (\angle AY')^2 + (\angle BX')^2 + (\angle CZ')^2, \\ (\angle AY')^2 + (\angle BZ')^2 + (\angle CX')^2, \\ (\angle AZ')^2 + (\angle BX')^2 + (\angle CY')^2, \\ (\angle AZ')^2 + (\angle BY')^2 + (\angle CX')^2 \end{array} \right\}$$

…(数1)

【0057】

数1で、A, B, Cは、マーカ表面特徴領域リストD3に記録されている3平面である。X', Y', Z'は、X線CT装置のターンテーブルA3に対して予め設定された3つの基準面(XY面, YZ面, ZX面)を、パラメータ(ϕ , θ , ψ)が決定するアフィン変換行列によって変換して得られる3平面である。∠は、面の交差する角度を表す。

【0058】

本実施例では、予め指定された撮像対象物の基準面をCT装置による撮像で抽出し、この基準面とCT装置のターンテーブルの座標系との相対的位置関係に基づいて、予め指定された所望部位の断層像を得ることになる。

【0059】

以上説明した第1実施例によれば、異なる基準面を有する撮像対象物をターンテーブルにセットして撮像対象物を撮像する場合でも、利用者が撮像対象物の基準面を割り出す作業を省いて、撮像対象物の設置作業やX線CT装置の操作を容易にできる。

【0060】

尚、本実施例では、マーカの密度が撮像対象物の密度よりも小さい例について説明した。マーカによるX線の減衰を考慮すればこの方が好ましいが、マーカの密度が撮像対象物の密度よりも大きい場合でも、撮像対象物の基準面を割り出す作業を省くことには有効である。

【0061】

(第2実施例)

第1実施例では、プラスチック粘土製のマーカを直接撮像対象物に貼り付けた例を説明した。第2実施例は、マーカがパッドを介して撮像対象物に貼り付けられる例である。パッドは、例えば、その厚さがその大きさ(長さ、幅)に比べて小さく、その密度がパッドよりも小さい(低い)材質のものを用いる。

【0062】

本実施例によるマーカの貼り付け状況を図9に示す。マーカMは、マーカ本体M1と、マーカパッドM2を含む。マーカ本体M1は、プラスチック粘土などでできており、密度が約 1.5 g/cm^3 、大きさが $20\text{ mm} \sim 50\text{ mm}$ である。マーカパッドM2は、発泡ウレタンなどの軽くて変形しやすい材料でできており、厚さが 2 mm 程度である。

【0063】

マーカパッドM2は、その密度が約 0.1 g/cm^3 と非常に小さいので、X線CT装置が出力する断層像には写らない。このため、断層像セットの上では、撮

像対象物Tとマーカ本体M1が完全に分離されるので、その後の画像処理が非常に簡単になる。マーカパッドM2が断層像に写らないようにするためにには、例えばマーカパッドM2の密度が撮像対象物Tの密度の20%以下であれば良い。

【0064】

図9のマーカ本体M1とマーカパッドM2を用いる第2実施例のCT撮像方法を、図10に示す。本CT撮像方法が図1の第1実施例と異なる点は、マーカ認識過程P3に代えてマーカ認識過程P3aを含むことである。その他の過程は図1と同じであるので、ここでは説明を省略する。

【0065】

マーカ認識過程P3aの詳細を、図11を用いて説明する。マーカ認識過程P3aが図5のマーカ認識過程P3と異なる点は、マーカ表面ボクセル選択過程P33と表面領域拡張過程P34に代えて対向領域抽出過程P34aを含むことである。その他の過程は図5と同じであるので、ここでは説明を省略する。

【0066】

対向領域抽出過程P34aでは、まず、マーカ本体M1の表面のうち撮像対象物Tの表面との距離がマーカパッドM2の厚さとほぼ同等である領域を抽出する。次に、抽出したマーカ本体M1の表面領域に対して、マーカパッドM2を挟んで対向する撮像対象物Tの表面の領域を求める。こうして求めた撮像対象物Tの表面領域をもとに、幾何学的特徴を持つ領域のリストであるマーカ特徴領域リストD3を作る。この処理は、図5の表面領域拡張過程P34と同様に、対象とする領域がある幾何学的特徴を持つという仮説が正しいか、正しくないかを逐次的に調べる手法によって行うことができる。

【0067】

本実施例でも、第1実施例と同様に、異なる基準面を有する撮像対象物をタンデーブルにセットして撮像対象物を撮像する場合でも、利用者が撮像対象物の基準面を割り出す作業を省いて、撮像対象物の設置作業やX線CT装置の操作を容易にできる。

【0068】

(第3実施例)

本発明のCT撮像方法を利用するCT撮像サービス方法に関する第3実施例を図12に示す。このCT撮像サービスは、顧客Uが保有する撮像対象物Tを、サービス事業者SがX線CT装置Aを用いて断層撮像し、その成果物である断層像D5及び／又は断層像セットD6を顧客Uに提供するものである。本実施例によれば、図1又は図10に示した方法を採用することにより、断層撮像に伴う作業が簡略化できるとともに、高い守秘義務が求められる撮像対象物でもCT撮像サービスの対象品とすることができる。

【0069】

このCT撮像サービスでは、サービスの利用を希望する顧客Uがサービス事業者Sに申し込みを行うことによって、両者間の取り引きが開始される。申し込みを受けたサービス事業者Sは、顧客UにインストラクションD8を発行するとともに、マーカMまたはその材料であるプラスチック粘土を送付する。インストラクションD8は、撮像対象物TにマーカMを貼り付ける方法を説明する文書である。インストラクションD8では、図2に示したような複数のマーカ配置パターンが例示されている。

【0070】

顧客Uは、インストラクションD8に例示された複数のマーカ配置パターンの中から適切なものを一つ選び、選んだパターンに従って撮像対象物Tの基準面にマーカMを貼り付ける。即ち、顧客Uが図1及び図10のマーカ付加過程P1を実行する。

【0071】

次に、顧客Uは、必要なマーカMを全て撮像対象物Tに貼り付けた後、撮像対象物Tを緩衝材で梱包してコンテナに格納し、サービス事業者Sに送付する。この際、顧客Uは、撮像部位指定書（指示書）D9を作成し、これを撮像対象物Tに添えてサービス事業者Sに送付する。撮像部位指定書D9には、顧客Uが選んだマーカ配置パターンを特定する情報、顧客Uが撮像したい部位（所望部位）を特定する情報が記入されている。

【0072】

サービス事業者Sは、コンテナに格納された撮像対象物Tを受け取り、撮像対

象物Tが格納されたコンテナをそのままX線CT装置AのターンテーブルA3上に固定する。この際、コンテナが密閉又は封印されており、外から撮像対象物Tが目視できなくても良い。

【0073】

次に、サービス事業者Sは、顧客Uから受け取った撮像部位指定書D9に基づき、撮像する部位をX線CT装置Aに入力する。また、撮像部位指定書D9に記入されているマーカ配置パターンを、マーカ配置パターン選択手段A8によりX線CT装置Aに入力する。これらの準備の後、X線CT装置Aによる撮像を開始する。

【0074】

X線CT装置Aは、予備撮像過程P2、マーカ認識過程P3又はP3a、座標系把握過程P4、本撮像過程P5の全てを自動的に実行する。サービス事業者Sは、X線CT装置Aが断層像D5及び/又は断層像セットD6を出力し、その内容が確認された場合、コンテナをターンテーブルA3から外して、コンテナを顧客Uに返送する。この際、サービス事業者Sは、得られた断層像D5及び/又は断層像セットD6も顧客Uに送付し、サービスの対価として料金を請求する。顧客Uに送付する断層像D5及び/又は断層像セットD6は、顧客Uが申し込み時に予め指定する。

【0075】

本実施例では、顧客Uが指定した撮像対象物の基準面をCT装置による撮像で抽出し、この基準面とCT装置のターンテーブルの座標系との相対的位置関係に基づいて、顧客Uが指定した所望部位の断層像を得ることになる。

【0076】

このCT撮像サービスでは、顧客Uがコンテナに格納したままの状態で撮像対象物が返送される。このため、撮像対象物の輸送中や保管中に、第三者がコンテナを開いて撮像対象物を取り出した場合、顧客Uは、容易に異状を検知でき、必要な対策を適切に講じることができる。更に、コンテナが封印されていれば、第三者がコンテナを開いた場合、顧客Uは、コンテナが開かれたことが容易に判るので、高い守秘義務が求められる撮像対象物に対するCT撮像サービスに適して

いる。また、撮像対象物が複雑な形をしている場合でも、撮像対象物を適正な角度に固定するための治具等を製作する必要がないので、顧客Uはサービスが利用し易くなる。

【0077】

一方、サービス事業者Sは、コンテナから撮像対象物を取り出す手間や、コンテナに再び撮像対象物を格納する手間を省くことができる。また、撮像対象物の角度をターンテーブルに合わせるために、撮像対象物の基準面を割り出す面倒な作業を省くことができる。従って、撮像対象物の設置作業やX線CT装置の操作が容易になり、納期が短く低価格なCT撮像サービスを提供できる。

【0078】

本実施例では、顧客Uが撮像対象物を格納するコンテナを準備する例について説明したが、これに限らない。例えば、サービス事業者Sがコンテナ及び緩衝材を顧客Uに送付しても良い。この場合、サービス事業者Sは、顧客Uから入手した撮像対象物の大きさ及び材質（密度）に関する情報に応じて、適切なサイズのコンテナ及び適切な材質（密度）の緩衝材を選定する。こうすれば、サービス事業者Sは、X線CT装置による撮像対象物の撮像をより効率的に実施できる。

【0079】

また、コンテナとしては、X線の透過率が高いもの、X線の減衰率が低いもの、密度の低いものが適している。具体的には、紙、ダンボール、木、プラスチック、樹脂などがコンテナの材料として利用できる。低密度の金属がコンテナの材料として利用できる場合もある。

【0080】

尚、以上の実施例では、X線を用いたCT装置の例を説明したが、これに限定されない。例えば、放射線（ α 線、 β 線、 γ 線）を用いたCT装置に対して本願発明を適用しても、同様な効果が得られる。この場合、放射線の透過率（又は減衰率）が撮像対象物と異なる材質のマーカを用いれば良い。

【0081】

【発明の効果】

本発明によれば、異なる基準面を有する撮像対象物をターンテーブルにセット

して撮像対象物を撮像する場合でも、利用者が撮像対象物の基準面を割り出す作業を省いて、撮像対象物の設置作業を容易にできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のCT撮像方法に関する第1実施例を示す図。

【図2】

撮像対象物に対するマーカの貼り付け方法を示す模式図で、(a)は直交する3平面にマーカを貼り付けた例、(b)は直交する平面と円柱面にマーカを貼り付けた例、(c)は直交する2平面と1つの頂点にマーカを貼り付けた例。

【図3】

本発明のX線CT装置の一例を示す図。

【図4】

マーカ配置パターン提示手段A6が表示する画面の一例を示す図。

【図5】

図1のマーカ認識過程P3の説明図。

【図6】

表面領域拡張法による幾何学的特徴の抽出方法の一例を説明する図で、(a)はグループ追加過程を、(b)はグループ境界決定過程を、(c)はグループ拡張過程を、(d)はグループ境界決定過程でグループの代表面と境界を求め直した状態を、それぞれ示す。

【図7】

マーカ表面特徴領域リストD3の典型的な例を示す図。

【図8】

図1の座標系把握過程P4の説明図。

【図9】

本発明による第2実施例のマーカ貼り付け状況を示す図。

【図10】

本発明のCT撮像方法に関する第2実施例を示す図。

【図11】

図10のマーカ認識過程P3aの説明図。

【図12】

本発明のCT撮像サービス方法に関する第3実施例を示す図。

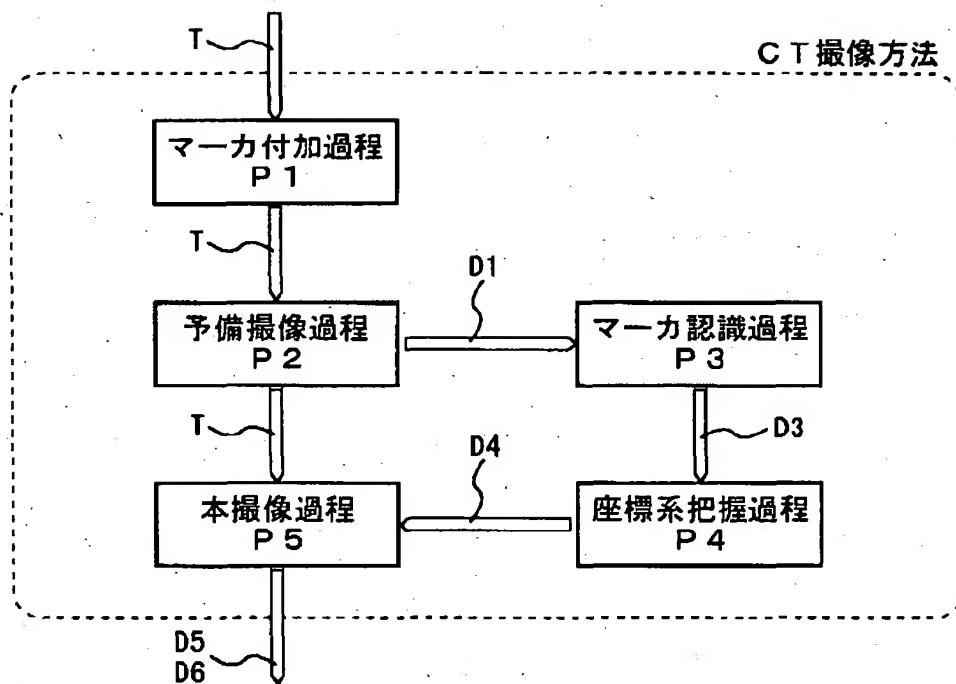
【符号の説明】

A…X線CT装置、A1…X線源、A2…走査機構、A3…ターンテーブル、
A4…X線検出器、A5…制御及び信号処理装置、A6…マーカ配置パターン提
示手段、A7…マーカ配置パターン記憶手段、A8…マーカ配置パターン選択手
段、M…マーカ、M1…マーカ本体、M2…マーカパッド、S…サービス事業者
、T…撮像対象物、U…顧客。

【書類名】 図面

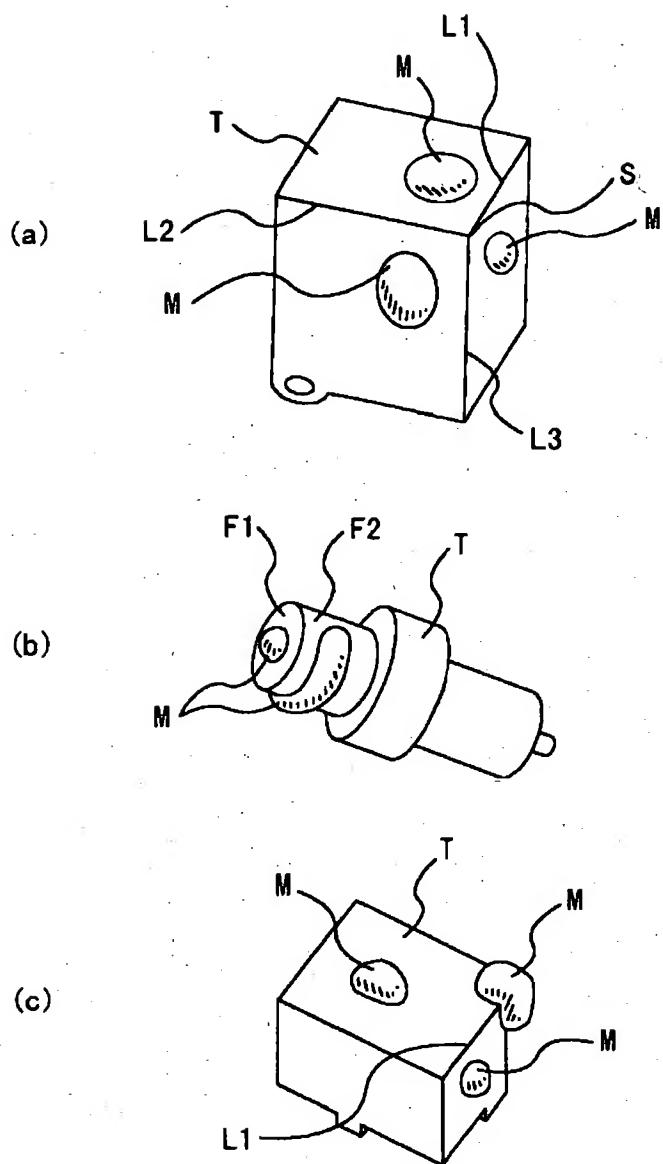
【図1】

図 1



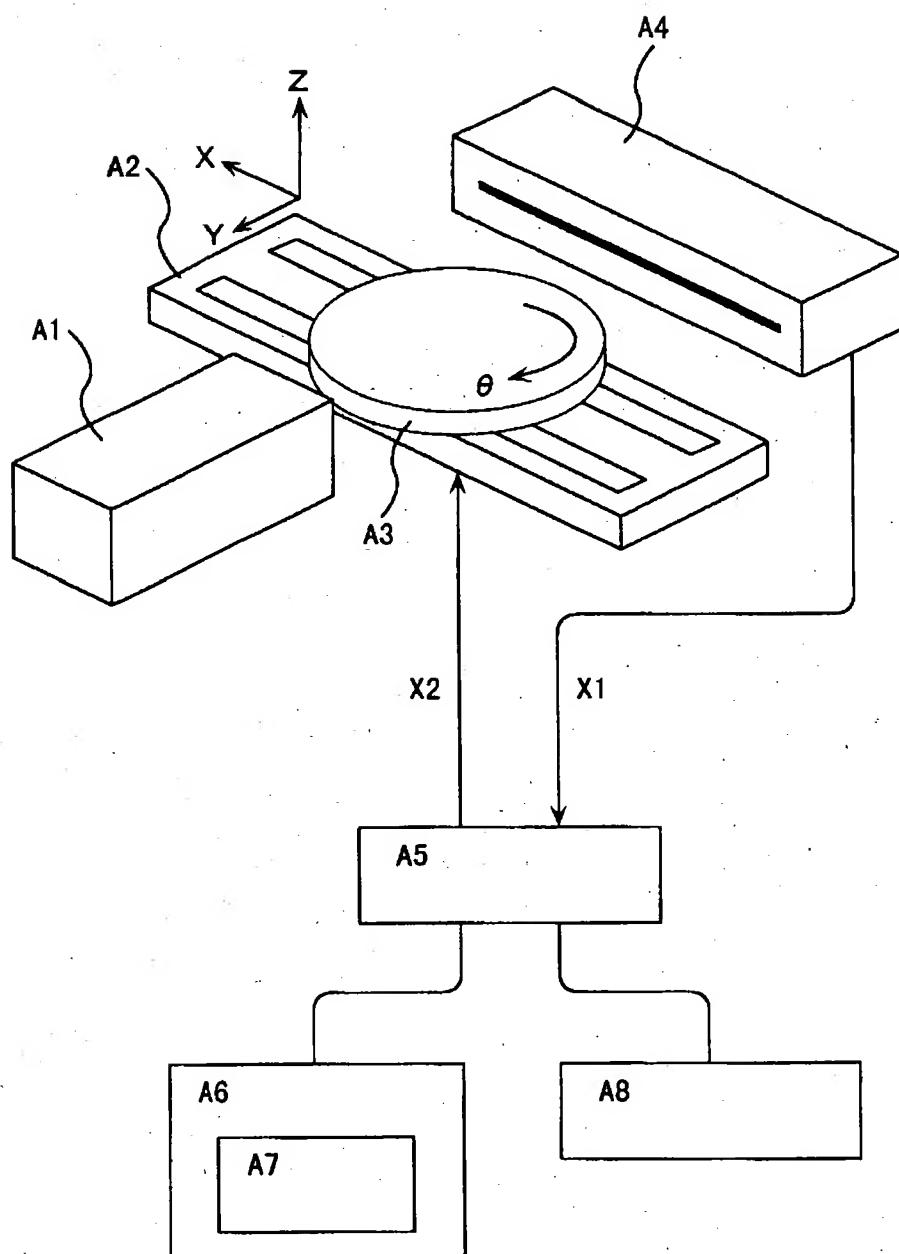
【図2】

図 2



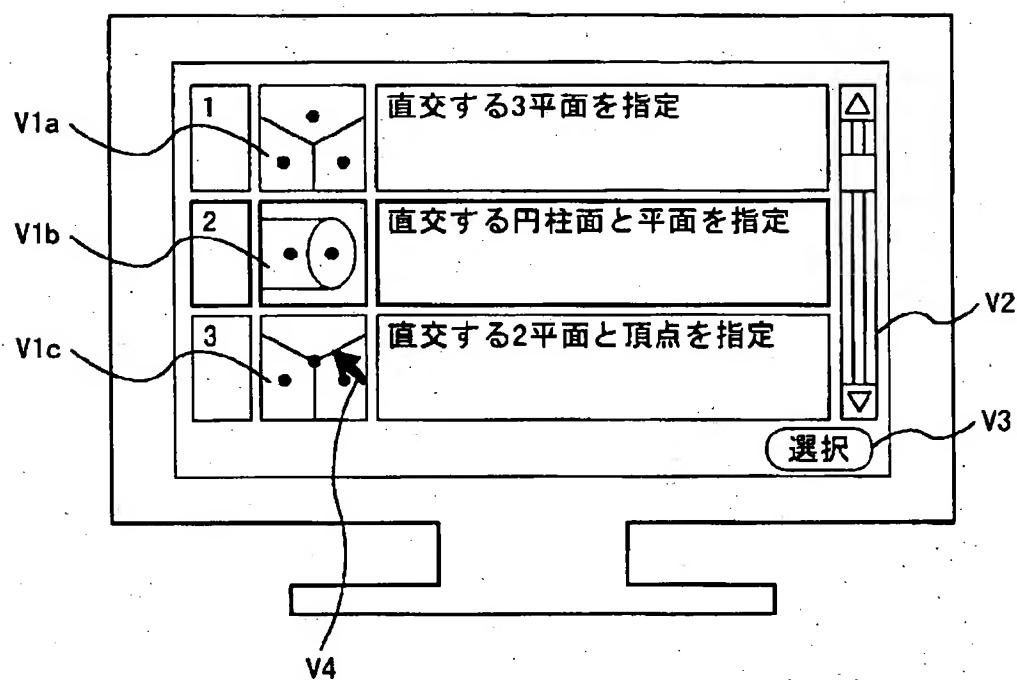
【図3】

図 3



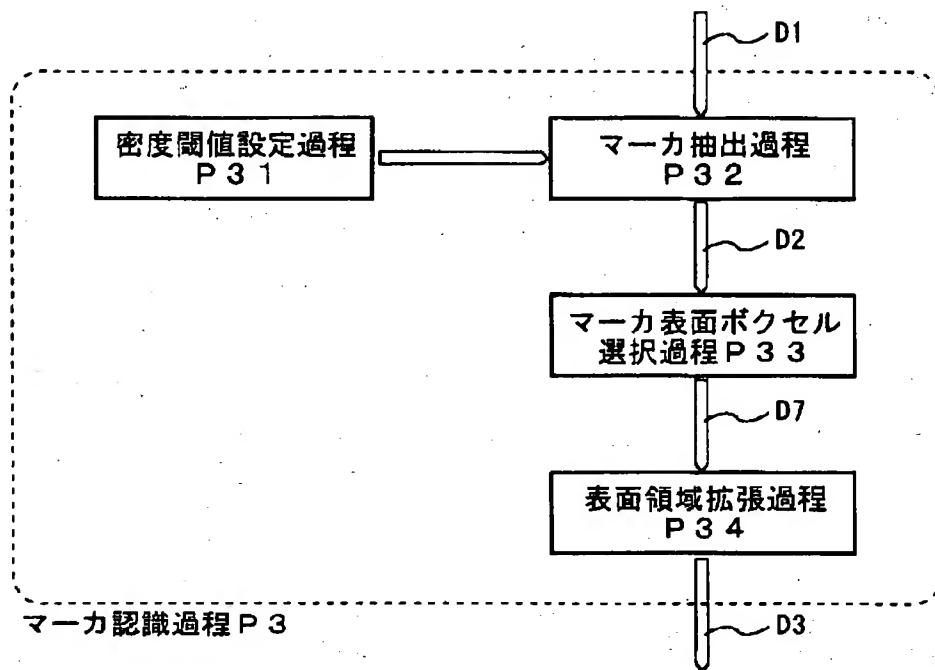
【図4】

図 4



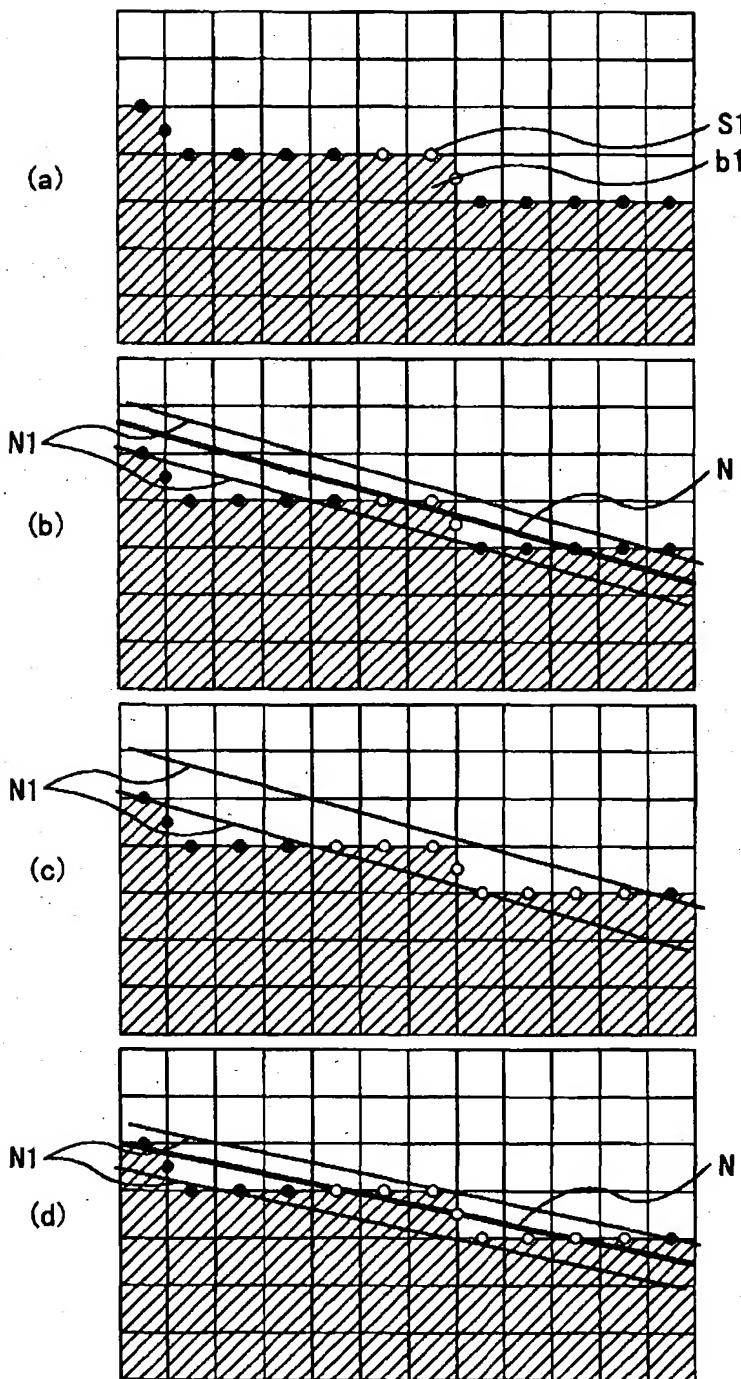
【図5】

図 5



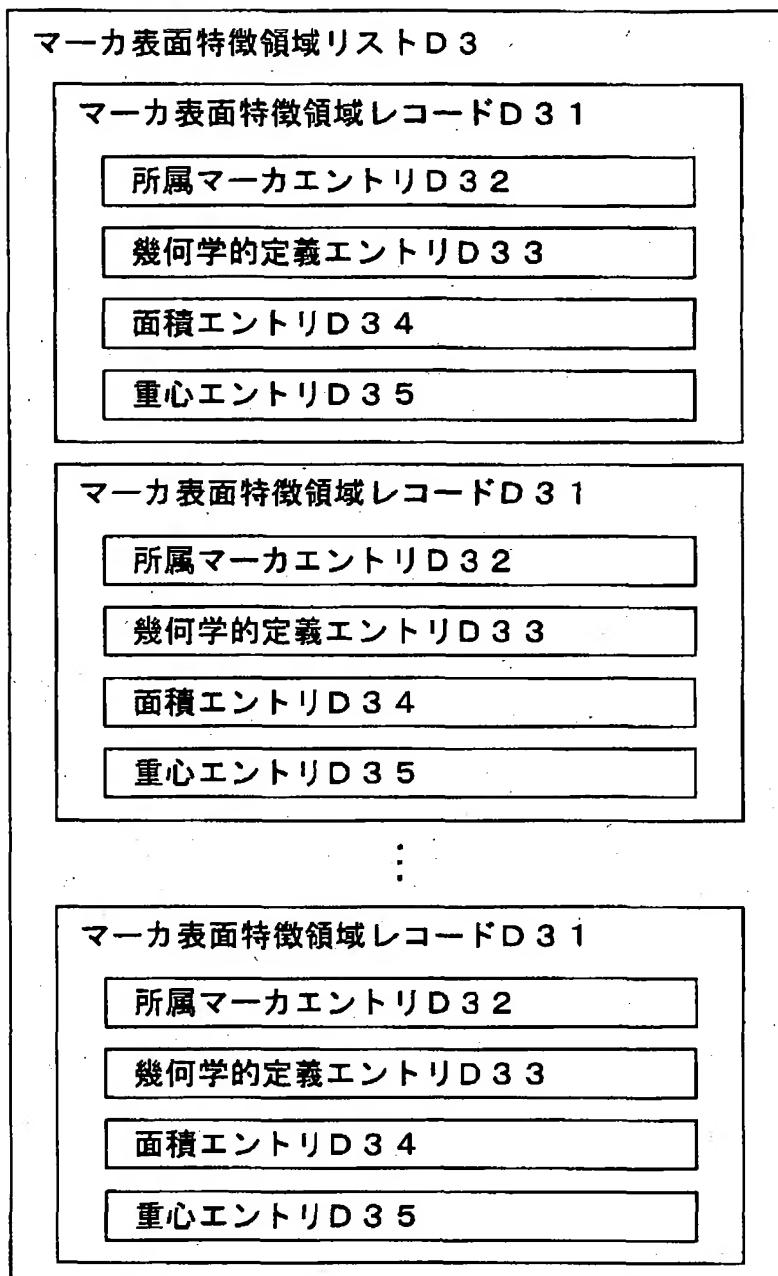
【図6】

図 6



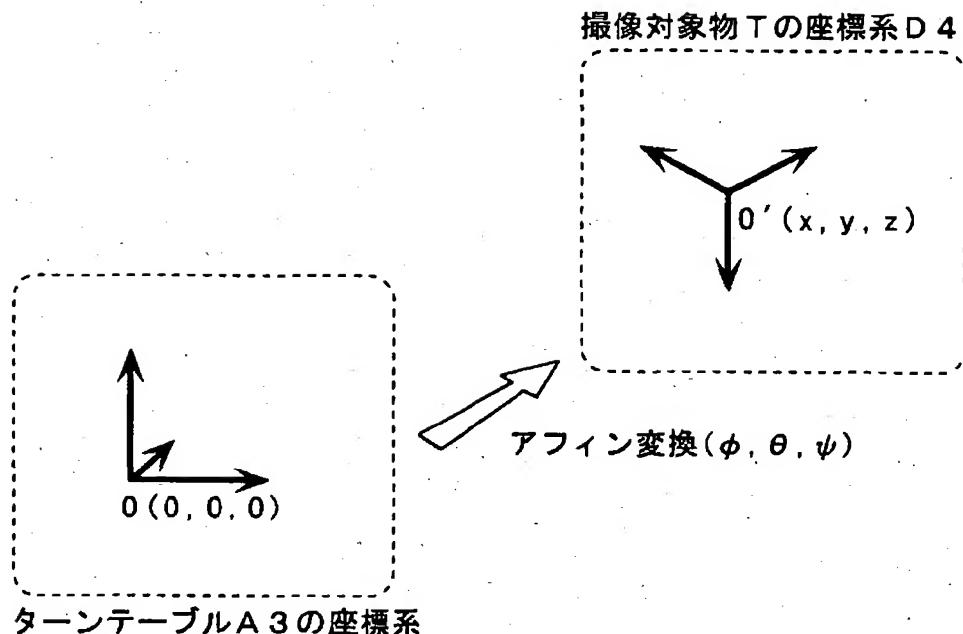
【図7】

図 7



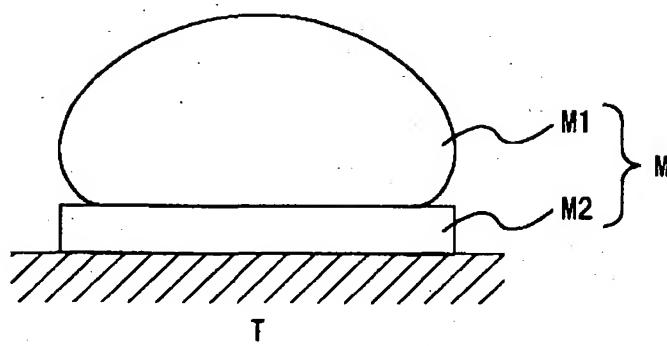
【図8】

図 8



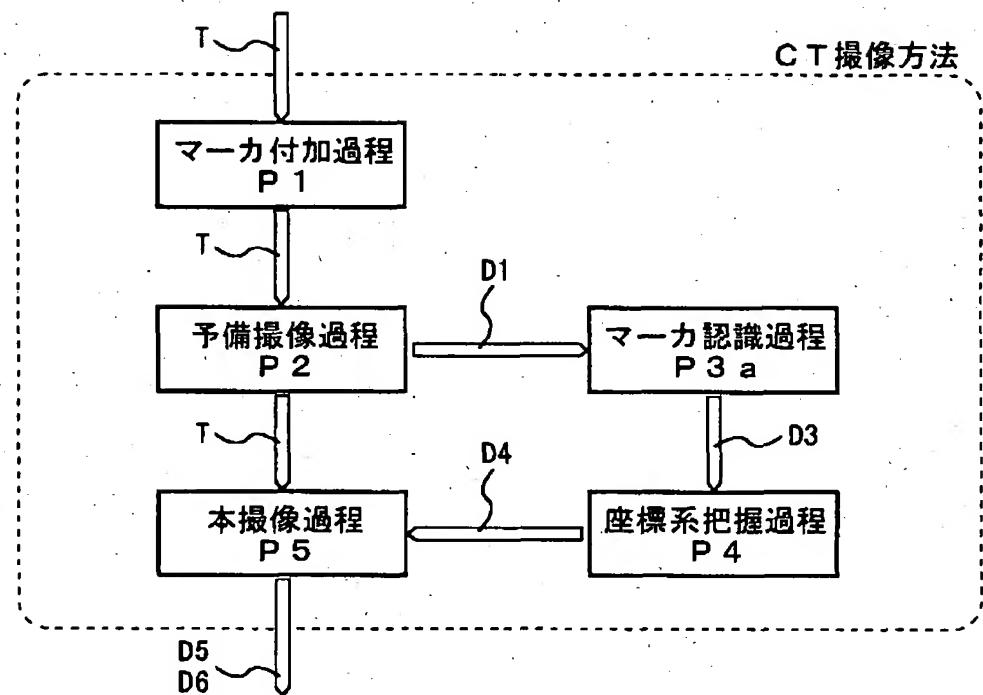
【図9】

図 9



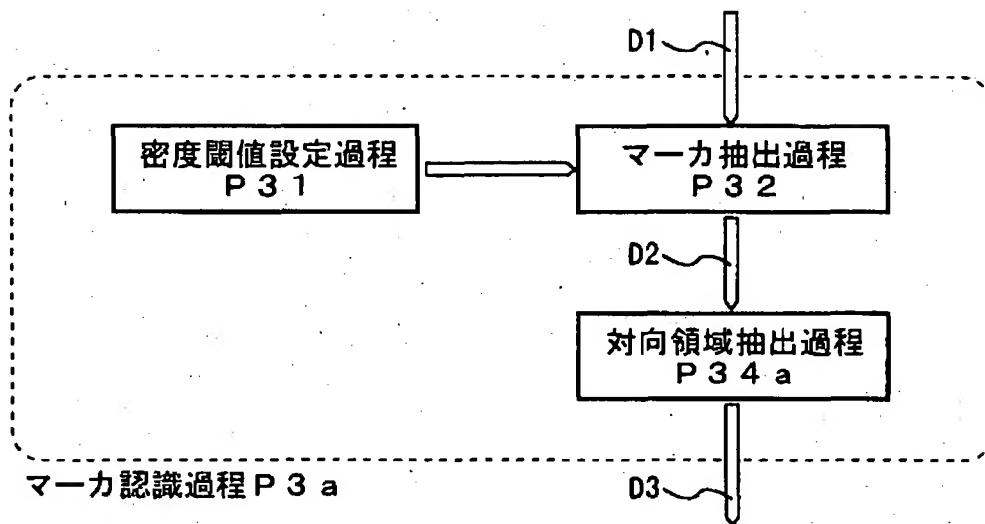
【図10】

図 10



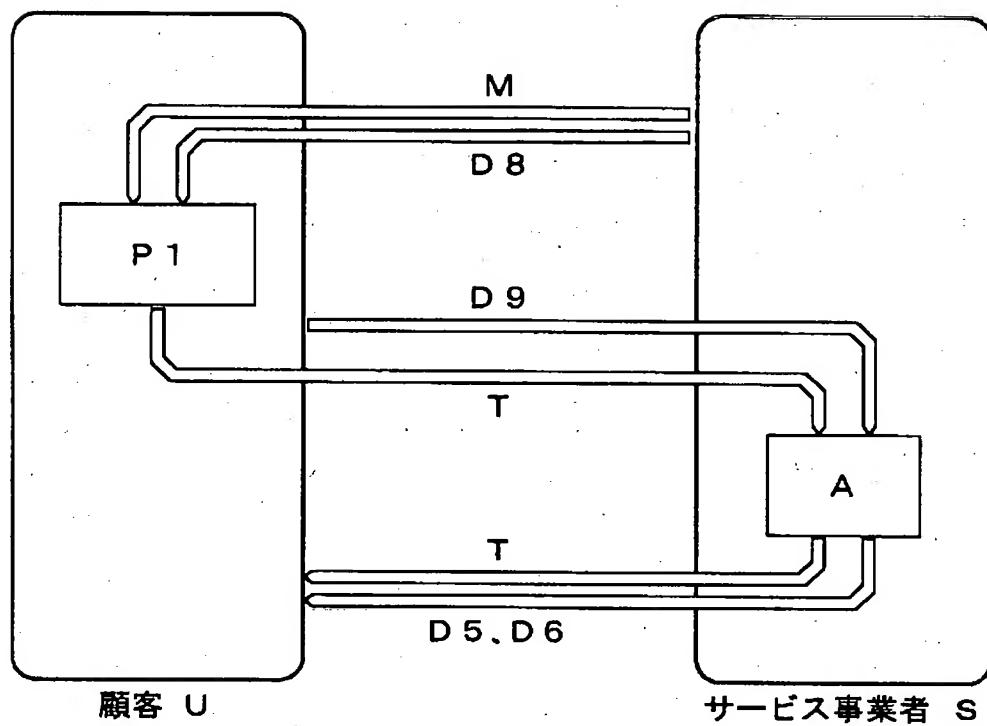
【図11】

図 11



【図12】

図 12



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

本発明は、異なる基準面を有する撮像対象物をターンテーブルにセットして撮像対象物を撮像する場合でも、利用者が撮像対象物の基準面を割り出す作業を省いて、撮像対象物の設置作業を容易にすることが目的である。

【解決手段】

本発明は、基準面にマーカが付加された撮像対象物をCT装置で撮像して得た断層像から、マーカと撮像対象物との接触面の幾何学的特徴（形状を表す情報）を求め、この特徴から撮像対象物の基準座標系とCT装置の座標系との相対的位置関係を求め、この相対的位置関係に基づいて撮像対象物の所望部位の断層像（ビットマップデータ）を得る。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-211905
受付番号	50201067742
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 7月23日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】 平成14年 7月22日

》

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所